

Programas de vacunación infantil en América Latina, 2000-2015

Children vaccination programs in Latin America, 2000-2015

Adel Mendoza-Mendoza^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4278-1226>

Karol Cervantes De La Torre² <https://orcid.org/0000-0003-1770-3418>

Enrique De La Hoz Domínguez³ <https://orcid.org/0000-0003-2531-6389>

¹Universidad del Atlántico, Facultad de Ingeniería. Barranquilla, Colombia.

²Universidad Libre, Facultad de Ciencias de la Salud. Barranquilla, Colombia.

³Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería. Cartagena, Colombia.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: adelmendoza@uniatlantico.edu.co

RESUMEN

Introducción: La cobertura de los programas de vacunación infantil está asociada con la probabilidad de supervivencia de los infantes y es una medida de desempeño de los sistemas nacionales de inmunización.

Objetivo: Caracterizar los programas de vacunación infantil en países latinoamericanos a partir de la supervivencia de infantes durante el periodo 2000-2015.

Método: Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo del programa de inmunización de 21 países de América Latina soportado en la metodología del análisis envolvente de datos con ventanas de tiempo. Las variables asociadas son: vacunas (*Bacillus calmette-Guérin*, difteria, *Bordetella pertussis* y el tétanos, sarampión, polio) y tasa de supervivencia (menores de 1 año, menores de 5 años).

Resultado: Durante el periodo de estudio, 2000-2015, la eficiencia de los programas de vacunación varió entre el 77 % y el 99 % y la ineficiencia se comportó entre el rango de valores del 1 % al 23 %. Se pudieron identificar cuatro grupos de países con una clasificación correcta del 95,2 %.

Conclusiones: En América Latina los programas de vacunación infantil tienen comportamientos diferentes en cada país. El conjunto formado por Argentina, Brasil, Cuba, México y Uruguay son referentes en este tipo de programa, debido a la tasa de cobertura de vacunación y tasa de supervivencia de niños menores a cinco años de edad,

de acuerdo a los resultados de eficiencia, este grupo podría obtener iguales tasas de supervivencia con menor tasa de cobertura.

Palabras clave: vacunación infantil; cobertura; supervivencia; clasificación; análisis envolvente de datos.

ABSTRACT

Introduction: Coverage of children vaccination programs is associated with the survival probability of infants and it is a measure of the performance of national immunization systems.

Objective: To characterize children vaccination programs in Latin American countries from infants survival during 2000-2015.

Methods: A retrospective descriptive study of the immunization program in 21 Latin American countries was carried out based in the methodology of the data envelopment analysis with time windows. The associated variables were: vaccines (*Bacillus Calmette-Guérin*, diphtheria, *Bordetella pertussis* and tetanus, measles, polio) and survival rate (under 1 year, under 5 years). The information was taken from the reports of the World Health Organization.

Results: During the studied period (2000-2015), the efficiency of vaccination programs varied between 77 % and 99 %, and the inefficiency was in the range from 1 % to 23 %. The result showed the identification of four groups of countries with a correct classification of 95,2 %.

Conclusions: In Latin America, children's vaccination programs present different behaviors in each country. The group formed by Argentina, Brazil, Cuba, Mexico and Uruguay are the reference in children vaccination programs, due to the rate of vaccination coverage and the survival rates in children under 5 years. In accordance to the efficiency results, this group would have equal survival rates with less rate of coverage.

Keywords: children vaccination; coverage; survival; classification; data envelopment analysis.

Recibido: 07/04/2018

Aceptado: 05/04/2019

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los programas de vacunación en el mundo aumentaron de forma constante, este comportamiento se relaciona con el desarrollo de investigaciones para mejorar la efectividad de las vacunas en la prevención de enfermedades.

Las vacunas, como las que inmunizan contra el sarampión, la difteria, tos ferina, tétano (DTP) y la poliomielitis, son una de las causas de que se reporte una disminución extraordinaria de la morbilidad y mortalidad.⁽¹⁾ En la actualidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda nueve de ellas para niños menores de un año.⁽²⁾ Sugiere administrar *Bacillus Calmette-Guérin* (BCG) tan pronto como sea posible después del nacimiento, DTP después de seis semanas, con dos dosis adicionales a intervalos de cuatro a ocho semanas y que se administren vacunas contra el sarampión a los doce meses, con una dosis adicional, al menos, cuatro semanas más tarde.⁽³⁾

La BCG, es una de las vacunas que más se aplica en el mundo para la prevención de las formas más graves de la tuberculosis (miliar y meningitis).⁽⁴⁾ Estudios observacionales en países con bajos ingresos reportaron una disminución, de hasta diez veces, de la tasa de mortalidad para los niños vacunados con DTP.⁽⁵⁾ El sarampión es una de las enfermedades más contagiosa a nivel mundial que afecta, principalmente, a los niños, y puede ser causa de secuelas neurológicas graves, sin embargo, la tasa de estos brotes disminuyó de manera significativa desde el desarrollo de la vacuna.^(6,7) La poliomielitis es una enfermedad altamente infecciosa, la causa un virus que afecta principalmente a niños pequeños, invade el sistema nervioso y puede ocasionar parálisis total.⁽⁸⁾ A pesar de los éxitos alcanzados en el desarrollo de las vacunas, algunos de los virus que ellas combaten continúan causando la muerte de niños pequeños.

Los avances para lograr las metas mundiales que se tenían de vacunación para 2015 son muy lentos. Dentro de los propósitos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se destaca, el poner fin a las muertes evitables de recién nacidos y de niños menores de 5 años.⁽⁹⁾

En este contexto, la presente investigación tiene el objetivo de caracterizar los programas de vacunación infantil en países latinoamericanos a partir de la supervivencia de infantes durante el periodo 2000-2015. De esta manera estimar la eficiencia de dichos programas en la aplicación de las vacunas BCG, DTP, sarampión y polio. Y, para ello, se aplica por primera vez un estudio de este tipo, la técnica no paramétrica de análisis envolvente datos (DEA)

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo, con un enfoque cuantitativo de la eficiencia en los programas de vacunación infantil de países de América Latina durante el periodo 2000-2015. Se aplicó la técnica no paramétrica del análisis envolvente datos (DEA) propuesta por *Charnes, Cooper y Rhodes*.⁽¹⁰⁾ Esta técnica permite obtener un indicador de eficiencia relativa de Unidades de Toma de Decisión (DMU) que utilizan múltiples entradas, para producir múltiples salidas.⁽¹¹⁾ Por lo que se declaró que los países son DMU, que hacen uso de las entradas (vacunas) para producir salidas (tasa de supervivencia).

El DEA es útil para analizar el rendimiento de las entidades en las que es difícil cuantificar monetariamente las entradas y salidas. La eficiencia relativa de cualquier DMU se calcula formando la relación entre la suma ponderada de las salidas (productos) y la suma ponderada de las entradas (insumos). Donde los pesos, tanto para las salidas como para las entradas, deben seleccionarse de manera, que se calcule la medida de eficiencia de cada DMU sujeta a la restricción, que ninguna DMU puede tener una puntuación de eficiencia relativa mayor que la unidad.⁽¹²⁾ Existen dos formas básicas de la técnica DEA: rendimientos constantes a escala, que se identifica como modelo CCR y rendimientos variables a escala que se identifica como modelo BCC.⁽¹³⁾

Desafortunadamente, con estos modelos es difícil determinar las interacciones de eficiencia entre las diferentes DMU entre periodos, por lo que se desarrolló una variación del enfoque básico de los modelos DEA, que fue la aplicación del análisis con ventanas de tiempo, que brinda un tratamiento más razonable a los cambios de eficiencia a través del tiempo.⁽¹⁴⁾

Un análisis DEA con ventanas de tiempo generaliza la noción de promedios móviles para detectar tendencias de eficiencia de DMU a lo largo del tiempo. Este tratamiento permite la comparación de la eficiencia de DMU en un periodo en particular, con su comportamiento en otros momentos. De esta manera, aumenta la cantidad de Unidades de Toma de Decisiones lo que mejora el poder de discriminación. En cuanto a la selección de un ancho de ventana, este debe ser lo más pequeño posible para minimizar la comparación de injusticias a lo largo del tiempo, pero lo suficientemente grande, para tener un tamaño de muestra aceptable. En este trabajo se tomaron ventanas de tiempo de cinco años.⁽¹¹⁾

Población y muestra

La población objeto de estudio son los países de América Latina. Se tomó información primaria del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS.⁽¹⁵⁾ Se seleccionaron 21 países, con la mayor población y con todos los datos disponibles del periodo 2000-2015.

La muestra la conformaron: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Se definieron las variables de entrada y de salida:

- Entrada: El porcentaje de niños que recibieron una dosis BCG (I1); el porcentaje de niños que recibieron tres dosis de la vacuna DTP (I2); el porcentaje de niños que recibieron, al menos, una dosis de vacuna contra el sarampión (I3); el porcentaje de niños que recibieron tres dosis de vacuna contra la poliomielitis (I4).
- Salida: tasa de supervivencia de niños de un año de edad (O1) y tasa de supervivencia de niños de cinco años de edad (O2).

Las tasas de supervivencia se obtuvieron a partir de las tasas de mortalidad infantil, que mide la probabilidad de que un niño muera antes de un año o antes de cinco años.

Para la recolección de la información se buscó en el repositorio de datos del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS el indicador correspondiente para cada una de las variables del estudio.

Después de localizar el indicador deseado, se elaboró una base de datos en Excel, la que contenía los valores de cada una de las variables, para cada uno de los 21 países, durante el periodo de 2000-2015. Esta información fue la que se utilizó para aplicar el modelo DEA con ventanas de tiempo, con retornos constantes a escala. El cálculo de los valores de eficiencia se realizó con el software DEA Solver 8.0

Una regla primordial en la utilización de la técnica DEA, es que n (número de DMU) debe $\geq 3x(m+s)$, en donde m indica el número de variables de entrada y s el número de variables de salida,⁽¹²⁾ para la presente investigación $n = 21$, $m = 4$ y $s = 2$, al remplazar estos valores quedó que $21 \geq 18$. Significa que el número de DMU seleccionado (21 países) satisface la condición necesaria para aplicar el análisis envolvente de datos.

Para validar el DEA con ventanas de tiempo, se empleó la técnica estadística del análisis discriminante. Se tomaron como variables de agrupación los valores encontrados de eficiencia y, como variables independientes, la cobertura de vacunación y tasas de supervivencia. El análisis discriminante se desarrolló con el Software SPSS 20.

RESULTADOS

El modelo DEA con ventanas de tiempo de cinco años, de acuerdo a las variables que se seleccionaron, se empleó con enfoque a las salidas, lo que presupone que el objetivo de los programas de vacunación en los diferentes países era aumentar la tasa de supervivencia de los niños. Esta tasa, para x 1000 nacidos, relacionada con la cobertura de vacunación, tiene una desviación estándar mayor para los menores de 5 años.

Los valores máximos de la cobertura de vacunación tienen el mismo comportamiento para las cuatro vacunas estudiadas y en cuanto a supervivencia son similares para los dos rangos de edades.

Los promedios más bajo de cobertura lo tuvieron las vacunas contra la polio y la DTP.

Todos los valores estadísticos descriptivos de las variables utilizadas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 - Cobertura de vacunación y tasa de supervivencia según estadísticos descriptivos. 2000-2015

Condición de valores	Cobertura de vacunación (%)				Tasa de supervivencia (x 1000 nacidos)	
	BCG	DTP	Sarampión	Polio	Niños menores de 1 año	Niños menores de 5 años
Máximo	99	99	99	99	996	994,5
Mínimo	72	41	53	50	914,5	791,2
Promedio	94,161	88,827	91,104	88,991	978,650	973,560
Desv. Stad	6,144	9,983	8,843	9,683	13,249	20,199

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS

Los resultados de la eficiencia con una ventana de tiempo de cinco años, se calcularon con el Software DEA Solver 8.0 y se muestran en la tabla 2. Durante el periodo de estudio, 2000-2015, la eficiencia varió entre el 77 % y el 99 %. Por lo que se pueden considerar eficientes los programas de vacunación que desarrollaron los países en esta etapa y en correspondencia al rango de valores, del 1 % al 23 % en que se encuentra la

ineficiencia. Estos resultados son coherentes con el objetivo de desarrollo del milenio (ODM 4) de la OMS, que es la reducción de la mortalidad de los menores de 5 años.

Tabla 2 - Eficiencia de programas de vacunación por periodo y por países, 2000-2015

País	2000-2004	2001-2005	2002-2006	2003-2007	2004-2008	2005-2009	2006-2010	2007-2011	2008-2012	2009-2013	2010-2014	2011-2015	Prom.
Argentina	0,797	0,798	0,803	0,809	0,810	0,815	0,802	0,813	0,818	0,829	0,796	0,797	0,807
Bolivia	0,814	0,825	0,843	0,862	0,875	0,868	0,837	0,828	0,812	0,808	0,773	0,773	0,826
Brasil	0,787	0,789	0,798	0,805	0,807	0,811	0,794	0,799	0,803	0,811	0,790	0,791	0,799
Chile	0,832	0,828	0,837	0,840	0,833	0,838	0,822	0,840	0,851	0,862	0,833	0,836	0,838
Colombia	0,863	0,858	0,850	0,845	0,853	0,862	0,861	0,888	0,899	0,915	0,903	0,894	0,874
Costa Rica	0,886	0,894	0,904	0,911	0,905	0,929	0,929	0,950	0,972	0,991	0,987	0,981	0,937
Cuba	0,803	0,803	0,812	0,818	0,818	0,823	0,806	0,813	0,815	0,821	0,797	0,797	0,811
Ecuador	0,783	0,784	0,793	0,800	0,802	0,807	0,798	0,810	0,826	0,852	0,834	0,853	0,812
El Salvador	0,832	0,861	0,869	0,865	0,852	0,848	0,805	0,809	0,815	0,830	0,797	0,802	0,832
Guatemala	0,797	0,797	0,802	0,806	0,804	0,819	0,802	0,821	0,825	0,853	0,840	0,860	0,819
Haití	0,990	0,985	0,990	0,987	0,979	0,977	0,960	0,979	0,971	0,978	0,923	0,945	0,972
Honduras	0,805	0,808	0,821	0,819	0,806	0,810	0,799	0,812	0,833	0,861	0,862	0,878	0,826
Jamaica	0,857	0,856	0,876	0,889	0,881	0,879	0,860	0,867	0,847	0,856	0,835	0,831	0,861
México	0,791	0,792	0,801	0,807	0,808	0,813	0,799	0,806	0,808	0,835	0,813	0,819	0,808
Nicaragua	0,827	0,843	0,850	0,849	0,843	0,830	0,797	0,800	0,802	0,809	0,789	0,791	0,819
Panamá	0,789	0,790	0,800	0,810	0,812	0,818	0,810	0,821	0,828	0,850	0,804	0,809	0,812
Paraguay	0,886	0,863	0,849	0,827	0,816	0,832	0,831	0,853	0,871	0,891	0,845	0,835	0,850
Perú	0,841	0,845	0,843	0,848	0,850	0,858	0,817	0,833	0,837	0,874	0,836	0,844	0,844
República Dominicana	0,815	0,816	0,839	0,864	0,857	0,841	0,829	0,844	0,837	0,844	0,788	0,787	0,830
Uruguay	0,796	0,797	0,805	0,812	0,812	0,817	0,803	0,812	0,814	0,825	0,797	0,799	0,807
Venezuela	0,838	0,845	0,875	0,899	0,923	0,942	0,948	0,938	0,934	0,923	0,866	0,882	0,901

De la aplicación del análisis DEA a los valores de la tabla 2 se pudo obtener:

- Una clasificación (ordenamiento o ranking) de las unidades evaluadas (países) de acuerdo a los valores eficiencia (Tabla 3).
- Esta clasificación permitió agrupar (formación de clúster) las unidades evaluadas a partir de las semejanzas de las variables: cobertura de vacunación y tasas de supervivencia, que se utilizaron en el análisis DEA. En la tabla 3 se observan los grupos o clúster.

Tabla 3 - Eficiencia promedio de programas de vacunación, según países seleccionados, 2000-2015

Orden por eficiencia	País	Eficiencia promedio	Grupo
1	Haití	0,972	1
2	Costa Rica	0,937	1
3	Venezuela	0,901	1
4	Colombia	0,874	2
5	Jamaica	0,861	2
6	Paraguay	0,850	2
7	Perú	0,844	2
8	Chile	0,838	2
9	El Salvador	0,832	2
10	República Dominicana	0,830	2
11	Bolivia	0,827	3
12	Honduras	0,826	3
13	Nicaragua	0,819	3
14	Guatemala	0,819	3
15	Ecuador	0,812	3
16	Panamá	0,812	3
17	Cuba	0,811	4
18	México	0,808	4
19	Uruguay	0,808	4
20	Argentina	0,807	4
21	Brasil	0,799	4

La técnica del análisis discriminante se utilizó como herramienta de validación para el análisis DEA con ventanas de tiempo. Se desarrolló en el Software SPSS 20 y se logró una clasificación correcta del 95,2 % de los datos agrupados como se muestra en la tabla 4. Se puede observar, que los países de los grupos 1, 3 y 4 están correctamente clasificados. En el grupo 2 la colocación de los grupos originales con los pronosticados fue del 85,7 %, por lo que uno de los países debe integrarse al 3, en este caso fue El Salvador.

Tabla 4 - Resultados de la clasificación de los países por grupos mediante el análisis discriminante

Grupo de pertenencia pronosticado	Original							
	Recuento				%			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	3	0	0	0	100	0	0	0
2	0	6	0	0	0	85,7	0	0
3	0	1	6	0	0	14,3	100	0
4	0	0	0	5	0	0	0	100
Total	3	7	6	5	100	100	100	100

La tabla 5 muestra los resultados de la cobertura de los programas de vacunación para cada grupo de países definido en el estudio, y sus tasas de supervivencia por cada mil nacidos.

La cobertura mayor para los cuatro grupos fue de la vacuna BCG. La mayor tasa de supervivencia fue de niños menores de 1 año.

Tabla 5 - Características de los grupos encontrados

Grupo	Cobertura de vacunación (%)				Tasa de supervivencia (x 1000 nacidos)	
	BCG	DTP	sarampión	polio	menores de 1 año	menores de 5 años
1	84,38	74,42	77,83	76,08	970,42	959,41
2	93,82	90,46	90,52	89,46	981,2	977,36
3	95,61	89,25	94,05	89,3	972,85	966,71
4	98,76	94,69	96,35	95,7	986,97	984,95

DISCUSIÓN

El acceso a la cobertura de programas de vacunación y el seguimiento al sistema de vigilancia epidemiológica son estrategias básicas para lograr y mantener las metas globales en términos de salud pública, como lo es la erradicación de la poliomielitis y del sarampión.⁽¹⁶⁾ Sobre la base de las consideraciones anteriores, el presente estudio compara la tasa de supervivencia de niños de 1 a 5 años, con la cobertura de los programas de vacunación, y se encontró una leve disminución de los valores en cada país, durante el periodo 2000-2015 y valores un poco más altos para los menores de 1 año. Aunque en términos generales, el número de muertes fue bajo para el grupo de referencia, niños de 1 a 5 años, lo que es coherente con otros reportes como los del Sistema Nacional de Estadísticas Vitales.⁽¹⁷⁾

Los resultados encontrados de los programas de vacunación en los países de América Latina en el periodo 2000-2015, muestran valores de cobertura del 94,2 %; 88,8 %; 91,1 % y 88,9 % para BCG, DTP, sarampión y polio, respectivamente; lo que es comparable con la cobertura estimada de vacunación para niños entre 19 a 35 meses de edad, por vacunas y dosis seleccionadas en los Estados Unidos (*National Immunization Survey-Child*, 2012-2016)^a. La cobertura promedio mayor o igual al 90 % durante el periodo de estudio es la siguiente: vacuna BCG, 91 % de los países; DTP, 52 %; sarampión, 76 % y polio, 48 %. Se observa que la cobertura de la vacuna BCG se estabilizó en los últimos cuatro años en los países de la región.

Sin embargo, aun cuando Haití presenta las coberturas más bajas de la región para cada una de los cuatro tipos de vacunas (BCG, 77,4 %; DTP, 58,1 %; sarampión, 59,7 %; polio 60 %) y con las tasas de supervivencia más bajas, es el primero en eficiencia. Por el contrario, de Brasil y Cuba, que presentan las coberturas más altas de la región para cada una de los cuatro tipos de vacunas, y las tasas de supervivencia por encima del promedio de la región, en eficiencia están en los últimos lugares. Se debe aclarar que, esta eficiencia no debe confundirse con la eficacia de las vacunas para la prevención de la mortalidad infantil, más bien, esto indica, que, desde el punto de vista del análisis envolvente de datos, países como Brasil y Cuba pueden obtener iguales tasas de supervivencia, con menor tasa de cobertura, ya que los valores de estas variables (tasa de supervivencia y cobertura de vacunación) están cerca del límite superior en ellos. Se puede inferir que, aunque la cobertura de vacunación en países como Haití son las más bajas de los países estudiados, al mantenerse un proceso constante de vacunación mayor al 60 % hace que la propagación de la enfermedad se mantenga controlada, evitando nuevos contagios y su posterior efecto en las tasas de mortalidad.

Hay que recordar que, el comportamiento de las vacunas en una población está asociado a múltiples factores como: el estado general de salud, la diversidad de cepas empleadas y los factores genéticos del huésped, entre otros.⁽¹⁸⁾ Así mismo, en el caso de las vacunas, la efectividad es menor que la eficacia, lo que se debe a múltiples variables en la operación de la vacunación (cadena de frío, calidad de la aplicación, selección de individuos).⁽¹⁹⁾

Con los resultados de la tabla 3 se pudieron agrupar los países según la eficiencia promedio de sus programas de vacunación, durante el periodo 2000-2015.

El análisis discriminante permite describir y comparar las diferencias significativas entre los grupos, a través de la comparación de las variables, que en este caso fueron eficiencia, cobertura de vacunación y tasas de supervivencia. Se obtuvo un valor del 95,2 % que

demuestra que la clasificación de los cuatro grupos de países es correcta. A partir de este resultado El Salvador que estaba en el grupo 2 se integró al grupo 3.

En el Grupo 1 quedaron los países que presentan las coberturas más bajas asociadas a las tasas de supervivencia más baja, por el contrario, en el Grupo 4 quedaron los países con las más altas coberturas asociadas a las mejores tasas de supervivencia.

Del estudio se puede concluir que los programas de vacunación en América Latina dirigidos a la inmunización en niños menores de 5 años (0 a 1 y de 2 a 5) de las enfermedades sarampión, polio, tos ferina, difteria, tétano y tuberculosis, tienen comportamientos diferentes en cada país. Se pueden clasificar los 21 países estudiados en 4 grupos, según la eficiencia de sus programas. El conjunto formado por Argentina, Brasil, Cuba, México y Uruguay son los referentes en programas de vacunación infantil, con relación a la tasa de cobertura de vacunación y tasa de supervivencia de niños menores a cinco años de edad, de acuerdo a los resultados de eficiencia. Este grupo de países podría obtener iguales tasas de supervivencia con menor tasa de cobertura.

Este trabajo de investigación proporciona al campo de la salud la utilización del análisis envolvente de datos con ventanas de tiempos como herramienta de clasificación de programas de salud pública y se constituye como referente para realizar otras investigaciones teniendo en cuenta una mayor cantidad de países.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Higgins JP, Soares-Weiser K, Reingold A. Systematic review of the non-specific effects of BCG, DTP and measles containing vaccines. WHO: Strategic Advisory Group of Experts on Immunization; 2014. Acceso: 07/09/2017. Disponible en: http://www.who.int/immunization/sage/meetings/2014/april/3_NSE_Epidemiology_review_Report_to_SAGE_14_Mar_FINAL.pdf
2. Sorup S, Benn CS, Poulsen A, Krause TG, Aaby P, Ravn H. Simultaneous vaccination with MMR and DTaP-IPV-Hib and rate of hospital admissions with any infections: A nationwide register based cohort study. *Vaccine* 2016;34(50):6172-80.
3. Higgins JP, Soares-Weiser K, López-López JA, Kakourou A, Chaplin K, Christensen H, et al. Association of BCG, DTP, and measles containing vaccines with childhood mortality: systematic review. *BMJ*. 2016;355:i5170. DOI: 10.1136/bmj.i5170

4. Nissen TN, Birk NM, Smits G, Jeppesen DL, Stensballe LG, Netea MG, et al. Bacille Calmette-Guérin (BCG) vaccination at birth and antibody responses to childhood vaccines. A randomised clinical trial. *Vaccine*. 2017;35(16):2084-91.
5. Aaby P, Benn CS, Nielsen J, Lisse IM, Rodrigues A, Jensen H. DTP vaccination and child survival in observational studies with incomplete vaccination data. *Trop Med Int Health*. 2007;12(1):15-24.
6. Kim JS, Choi JS. Factors Influencing University Nursing Students' Measles Vaccination Rate During a Community Measles Outbreak. *Asian Nurs Res*. 2016;10(1):56-61.
7. Rocha HA, Correia LL, Campos JS, Silva AC, Andrade FO, Silveira DI, et al. Factors associated with non-vaccination against measles in northeastern Brazil: Clues about causes of the 2015 outbreak. *Vaccine*. 2015;33(38):4969-74.
8. Akil L, Ahmad HA. The recent outbreaks and reemergence of poliovirus in war and conflict-affected areas. *Int J Infect Dis*. 2016;49:40-6.
9. Organización Mundial de la Salud. Comunicados de prensa. 2017. Acceso: 05/08/2017 Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/half-deaths-recorded/es/>
10. Charnes A, Cooper W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision-making units. *Eur J Oper Res*. 1978;2(6):429-44.
11. Yang HH, Chang CY. Using DEA window analysis to measure efficiencies of Taiwan's integrated telecommunication firms. *Telecomm Policy*. 2009;33(1):98-108.
12. Cooper WW, Seiford LM, Tone K. Introduction to data envelopment analysis and its uses: With DEA-solver software and references. Nueva York: Springer; 2006.
13. Suzuki S, Nijkamp P, Rietveld P, Pels E. A distance friction minimization approach in data envelopment analysis: a comparative study on airport efficiency. *Eur J Oper Res*. 2010;207(2):1104-15.
14. Wu HQ, Shi Y, Xia Q, Zhu WD. Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan. *Resour Conserv Recycl*. 2014;83:163-75.
15. OMS. Global Health Observatory indicator views. Acceso: 10/09/2017. Disponible en: <http://apps.who.int/gho/data/node.imr>
16. Díaz-Ortega J L, Ferreira-Guerrero E, Trejo-Valdivia B, Téllez-Rojo MM, Ferreyra-Reyes L, Hernández-Serrato, et al. Cobertura de vacunación en niños y adolescentes en

México: esquema completo, incompleto y no vacunación. Salud Publica Mex. 2013;55:S289-S299.

17. National Vital Statistics System NCFHS, CDC. 10 Leading causes of death by age group, United States, 2014-2015. Acceso: 10/09/2017. Disponible en: https://www.cdc.gov/injury/wisqars/pdf/leading_causes_of_death_by_age_group_2015-a.pdf

18. Bucardo F, Nordgren J. Impact of vaccination on the molecular epidemiology and evolution of group A rotaviruses in Latin America and factors affecting vaccine efficacy. Infect Genet Evol. 2015;34:106-13.

19. Salleras L, Domínguez A, Borrás E, Soldevila N. Eficacia protectora de las vacunas y efectividad de las vacunaciones: introducción a la medición de la protección directa e indirecta. Vacunas. 2011;2(4):136-46.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Adel Mendoza Mendoza: Diseño del estudio, interpretación de los resultados, redacción y revisión crítica del manuscrito. Aprobación de la versión final.

Karol Cervantes De La Torre: Recolección y análisis de los datos, redacción y revisión crítica del manuscrito. Aprobación de la versión final.

Enrique De La Hoz Domínguez: Recolección de los datos, redacción y revisión crítica del manuscrito. Aprobación de la versión final.

^aNational Immunization Survey Childhood Report, 2016 está disponible en: <https://www.maine.gov/dhhs/mecdc/infectious-disease/immunization/publications/2016-National-Immunization-Survey-Childhood-Report.pdf> (N. del E.).